

## 明 細 書

## 半導体発光素子

## 技術分野

[0001] 本発明は、半導体発光素子に関し、より具体的には基板による吸収などによる光出力の低下がない半導体発光素子に関するものである。

## 背景技術

[0002] 半導体基板GaPは、可視～赤外光域に透明なので多くの可視～赤外光域の発光デバイスに多く用いられる機運にある。従来、このGaP基板は次の(a1)および(a2)に示すように用いられてきた。

(a1)直接遷移により可視～赤外光域の光を出射するGaAs、AlGaAsなどの化合物半導体の格子定数と、GaPのそれとは4%弱の違いがある。このため、これら発光用化合物半導体の良好なエピタキシャル膜をGaP基板上に形成することはできない。

[0003] 一方、化合物半導体として一般的なGaAsについては、その格子定数は上記発光用化合物半導体のそれとおおむね一致する。しかし、GaAsは上記波長域の光の吸収率が高く、基板として使用した場合、その厚さが厚いため光の吸収を無視することができない。

[0004] このため発光素子を作製する際、GaAs基板の上に、上記AlGaAs膜などをエピタキシャル成長させて活性層を形成した後に、GaAs基板の部分を除去して活性層を含むエピタキシャル層をGaP基板に貼り付ける方法が提案された(特開平6-302857号公報(特許文献1)参照)。この方法によれば、結晶性に優れた活性層を含むエピタキシャル膜と、透明なGaP基板とを組み合わせ、高出力のLEDを形成することができる。

(a2)GaP基板上にAlGaInPなどの化合物半導体層をそのまま形成したのでは、良好なエピタキシャル層は得られないので、GaP基板上に格子歪緩和層を設ける。格子歪緩和層としては、GaPとAlGaInPとの中間の格子定数になるようにInGaPの組成を調整し、段階的にAlGaInP層に近づける。このため、組成が異なる複数層のInGaPを格子歪緩和層として配置したものをを用いる(特開2001-291895号公報(特

許文献2)参照)。このような格子歪緩和層を配置することによって、透明なGaP基板を作製の最初から用い、高効率の発光素子を得ることができる。

特許文献1:特開平6-302857号公報

特許文献2:特開2001-291895号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0005] しかしながら、上記(a1)の方法では、作製当初の基板を除去して、エピタキシャル層の部分をGaP基板に貼り付けるのに多くの工数を要し、製造コストの低減に対し大きな障害となる。また、上記(a2)の方法では段階的にAlGaInPの格子定数に近づく複数層のInGaPを配置するため、やはり多くの工数を必要とし、コスト低減の妨げとなる。

### 課題を解決するための手段

- [0006] 本発明は、所定の波長域の光に透明であるが、所定の波長域の光を出射する化合物半導体と格子定数の整合性がとれない化合物半導体基板を含みながら、高光出力を確保できる半導体発光素子を提供することを目的とする。
- [0007] 本発明の半導体発光素子は、GaP基板と、GaP基板の上方に位置し、化合物半導体のn型層とp型層とを含む活性層と、GaP基板と活性層との間に位置し、エピタキシャル横方向成長により形成されたELO層とを備える。
- [0008] この構成では、ELO層はGaP基板の上に量産性に優れた液相エピタキシャル成長(LPE:Liquid Phase Epitaxial)法を用いて成長される。GaP基板は、LPE法の溶液として用いるGaおよびELO層のGaAs等と構成元素Gaが共通であるため急峻な成長界面が得られるという利点がある。また、ELO層のGaAs等に比べ、Gaへの溶解度が低いことGaへの溶出(メルトバック)が起きにくく、ELO層を成長させる基板として好適である。したがって、製造コストを抑えて結晶性に優れた化合物半導体層を容易に形成することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本発明の実施の形態1における半導体発光素子を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態1における半導体発光素子の変形例を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態1における半導体発光素子の別の変形例を示す図である。

。

[図4]本発明の実施の形態1における半導体発光素子のさらに別の変形例を示す図である。

[図5]本発明の実施の形態2における半導体発光素子を示す図である。

[図6]本発明の実施の形態3の半導体発光素子の製造方法における窓部パターンを示す図である。

[図7]ELO層の成長初期段階を示す図である。

[図8]本発明の実施の形態3における半導体発光素子の採取位置を示す図である。

[図9]成長したELO層を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態3における別の半導体発光素子の採取位置を示す図である。

[図11]本発明の実施例1における窓部パターンを示す図である。

[図12]実施例1に用いたスライドポート法におけるスライドポートを示す図である。

[図13]本発明の実施例2における半導体発光素子を示す図である。

[図14]本発明の実施例8における引き掻きトレンチまたは窓部のパターンを示す図である。

[図15]本発明の実施例9における引き掻きトレンチまたは窓部のパターンを示す図である。

[図16]本発明の実施例10における引き掻きトレンチまたは窓部の別のパターンを示す図である。

[図17]本発明の実施例11における引き掻きトレンチまたは窓部の別のパターンを示す図である。

[図18]本発明の実施例8-11の変形例を示す図である。

[図19]本発明の実施例8-11のほかの変形例を示す図である。

[図20]本発明の実施例12における引き掻きトレンチまたは窓部の別のパターンを示す図である。

## 符号の説明

[0010] 1 基板、2 成長支持層、2a 成長支持層窓部、2b 成長支持層上面、3 ELO層、3a 成長開始位置、3b 成長支持層下面、4 活性層、5 クラッド層、10 半導体発光素子、11 引き掻きトレンチ、12 GaAsバッファ層、13 クラッド層、15 転位、17 電極、19 切断線、30 レーザ発振部、51 スライド台、52 ボート。

## 発明を実施するための最良の形態

[0011] 次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

[0012] (実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態1における半導体発光素子を示す図である。この半導体発光素子10は、GaP基板1の上にSiO<sub>2</sub>からなる成長支持層2が配置され、成長支持層に設けられた窓部(開口部)2aを埋め込みながら、成長支持層2の上にELO層3が配置されている。このELO層3は、その断面などを観察することによりエピタキシャル横方向成長したことを容易に確認することができる。

[0013] 図1に示す半導体発光素子では、ELO層3はGaAsにより形成する。窓部3aから横方向にエピタキシャル成長したELO層3と、成長支持層2との間には特定の結晶方位関係はなく、成長支持層2はELO層を力学的に支えるだけである。ELO層は窓部3aからエピタキシャル性を維持しながら横方向に成長する。

[0014] GaAsからなるELO層3の上にはn型AlInGaPからなるクラッド層13が配置される。この上にn型AlInGaP層とp型AlInGaP層とを含む活性層4が配置され、さらにその上にp型AlInGaPクラッド層5が設けられる。

[0015] 図1に示す半導体発光素子10の構造によれば、段階的に組成を変えた格子歪緩和層などを設けることなく、簡単な処理工程により結晶性に優れたELO層3を容易に形成することができる。

[0016] 図2は、図1の半導体発光素子の変形例を示す図である。図2に示す半導体発光素子10では、GaP基板1と成長支持層2との間にGaAsからなるバッファ層12が配置されている。このGaAsからなるバッファ層の形成によりエピタキシャル層の結晶性をさらに良好にすることができる。

[0017] 図3は、図1の半導体発光素子のさらに別の変形例を示す図である。図3に示す半

導体発光素子10では、ELO層3にはAlGaAsが用いられ、このAlGaAsからなるELO層が活性層のクラッド層を兼ねている。また、活性層4には、n型AlGaAs層とp型AlGaAs層とが含まれる。

[0018] 図4は、図2に示す半導体素子において、ELO層がクラッド層を兼ねる構造を有している。

[0019] (実施の形態2)

図5は、本発明の実施の形態2における半導体発光素子を示す図である。この半導体発光素子10では、GaP基板1の表面に引き掻きトレンチ11が設けられ、そこを成長開始部3aとするGaAsからなるELO層3がGaP基板上に配置されている。GaP基板1の表面1bと、ELO層3の下面3bとの間には所定の結晶方位関係(コヒーレンシ)はない。成長開始部3aではLPE法によりGaAs液相が配置され、エピタキシャル成長され、エピタキシャル横方向成長の際にはほとんどフリーな状態でエピタキシャル成長すると考えられる。

[0020] GaAsからなるELO層3の上にn型AlInGaPからなるクラッド層13が形成され、その上にn型AlInGaP層とp型AlInGaP層とを含む活性層4が位置する。その上にp型クラッド層5が形成される。

[0021] 上記の半導体発光素子では窓部を有する成長支持層を設けることなく、引き掻きトレンチ11を成長開始部とするので、製造工程を簡素化することができ、また材料コストなどの製造コストを低減することができる。

[0022] 上記実施の形態1および2では、透明基板のGaP基板と、発光層のAlInGaP層との組み合わせを説明した。しかし、上記GaP基板とエピタキシャル発光層との組み合わせは、上記GaP基板と、AlInGaP層のELO層との組み合わせに限定されない。たとえば、ELO層は、InGaAsP層、InGaAs層、GaAs層、AlGaAs層、AlInGaP層、InGaP層およびGaAsP層のいずれかから形成されていてもよい。

[0023] また、上記実施の形態では成長支持層にSiO<sub>2</sub>膜を用いた例を説明したが、このSiO<sub>2</sub>膜は同様の効果を持つ下記の材質によっても置き換えることが可能である。

(1) 絶縁性素材: SiN、TiO<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの金属酸化物または窒化物

(2) 導電性素材: Ti, Fe, Pt, Niなどの金属、さらに特殊な金属としてCo, W, Ta,

Moなどの高融点金属(高温での成長にも対応可能)

(3) 誘電多層体:  $\text{MgO}_2 / \text{SiO}_2$  多層膜,  $\text{ZrO}_2 / \text{SiO}_2$  多層膜など  
(実施の形態3)

本発明の実施の形態3は、窓部パターン形状を工夫することにより初期成長したELO膜の部分を発光部とする点に特徴がある。本実施の形態では、まず図6に示すように窓部2aを設ける。図6に示すパターンの窓部を用いて横方向エピタキシャル成長を行なうと、図7に示すように窓部2aで囲まれた小さな四角形の領域において全面成長が生じ、ELO膜3が形成される。このELO膜3の領域を発光デバイスの主要な領域として利用することができる。

[0024] たとえば、図8に示すように、ELO膜の上に活性層などを形成し、その領域を取り囲むように電極17を形成する。上記基板から破線19で切断して発光素子のチップを得ることができる。

[0025] 上記の構成によれば、非常に簡単に大量生産に適した形態で、結晶性に優れた発光素子を容易に得ることができる。

[0026] 図8の状態からさらに横方向エピタキシャル成長を続けると、小さな四角形の領域からELO膜3は広がり図9に示す形状に成長する。このようにELO膜3が成長した形態では、ELO膜の上に活性層の化合物半導体膜を形成した上で、空いた領域に電極17を配置することができる(図10参照)。

[0027] 次に本発明の実施例について説明する。

[0028] (実施例1)

本発明の実施例1では、LPE法によりELO層を形成する方法について説明する。本実施の形態では半導体基板としてGaP基板を用いた。まず(111)<sub>B</sub>面を主成長面とするGaP基板1上にMBE法によりGaAsバッファ層12を厚さ0.1~1 $\mu\text{m}$ 成長させた。そのGaAsバッファ層12の上に、厚さ0.1~0.5 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜の成長支持層3をスパッタ法により形成した。その $\text{SiO}_2$ 膜にフォトリソグラフィの方法を用いて、 $\text{SiO}_2$ 膜が除去された部分である窓部2aを設けた。本実施の形態では、窓部を[-101]方向と平行な幅20 $\mu\text{m}$ の直線形状にて形成した(図11)。

[0029] 上記の窓部を有する成長支持層2が設けられたGaP基板1に、LPE法を用いて下

記の条件にてELO成長を行なった。このELO成長においては、図12に示す、スライドボート法に用いる成長装置を用いた。スライドボートの溶液溜めに、次の成長用の溶液S1を用いて処理する。

- [0030] 溶液S1:Ga中にGaAsおよびn型不純物としてSiを溶解したもの  
溶液S1を入れたボート52をスライド台51上をスライドさせて、GaP基板1に溶液S1を接触させる。この接触の際に炉内温度を500℃まで昇温する。基板1に溶液S1を接触したあと少しずつ温度を低下させると、窓部からの横方向成長が起る。490℃で溶液S1を基板から分離する。
- [0031] GaAsELOエピタキシャル膜の性状を観察するために、基板を室温まで冷却したあと上記エピタキシャル膜を取り出した。エピタキシャル膜の断面を観察したところ、厚さ6 $\mu$ m、幅240 $\mu$ mのGaAsELO層が認められた。表面をKOHエッチング液にてエッチングしたところ、窓部では転位が多く認められたが、横方向エピタキシャル成長した部分では転位はほとんど認められなかった。
- [0032] (実施例2)  
本発明の実施例2では2種類の溶液を用いてELO層を形成する点に特徴がある。本実施の形態では、成長支持層に窓部を設ける段階までは実施の形態3と同じプロセスで行なった。溶液は次の通りである。
- [0033] 溶液S1:Ga中にGaAsおよびn型不純物としてSiを溶解させたもの  
溶液S2:Ga中にGaAsおよび両性不純物としてSiを溶解させたもの  
図12に示すボート52に上記溶液は収納されている。溶液溜めを搭載したボート52はスライド台51の上を基板1上までスライドして、基板1に溶液を接触させることができる。スライド台51、ボート52および基板1は昇下温を精度よく行なうことができる温度制御炉内に収納されている。
- [0034] まずGaP基板1に溶液S1を接触させる際、炉内温度を900℃に昇温する。GaP基板に溶液S1を接触させたあと少しずつ温度を低下させると、窓部からの横方向成長が起る。890℃まで0.1℃/分で冷却したあと、溶液S1をGaP基板から分離する。次いで、溶液S2をGaP基板に接触させる。次いで850℃まで1℃/分で冷却させると、Siの自然反転により890-880℃でn型GaAs層13が、また880-850℃でp型

GaAs5が、それぞれ成長する。850°Cで溶液S2をGaP基板上から分離し、室温まで冷却する。このあとELO層の観察のために活性層を含むエピタキシャル膜を取り出した。この観察の結果、エピタキシャル膜は窓部から一方に150  $\mu$  mの幅でまた他方に150  $\mu$  mの幅でそれぞれエピタキシャル成長したことを確認することができた(図13)。

- [0035] これらエピタキシャル膜の表面をKOHエッチング液によりエッチングしたあと観察すると、窓部の上には転位が多く認められたが、横方向成長した部分の上には転位はほとんど認められなかった。
- [0036] エピタキシャル膜の断面を観察すると、ELO層は厚さ8  $\mu$  m、n型GaAs層は厚さ10  $\mu$  m、p型GaAs層は厚さ30  $\mu$  mとなっていた。なお上記のn型GaAs層13およびp型GaAs層5は、クラッド層を兼ねた発光層と考えることができる。
- [0037] 表面および裏面に簡易的に電極を形成して、電流を流して発光させたところ、半導体基板にGaP基板を用いた本実施の形態における発光素子は、GaAs基板を用いた発光素子の1.5倍の発光強度が得られた。これは、GaAs基板に比べてGaP基板は、上記GaAsの発光波長域における吸収がほとんどなく透明であるためである。
- [0038] (実施例3)
- 本発明の実施例3では、溶液S1としてGa中にGaAsおよびAlを、またn型不純物としてSiを溶解させたものを用いた。このような溶液を用いて、GaP基板の窓部からELO層を形成した。このELO層はGaAsで形成されたpn接合からの発光波長に対して透明である。この結果、実施例2に比較してさらに出力を上げることができた。
- [0039] (実施例4)
- 本発明の実施例4では、溶液S2、溶液S3および溶液S4を用い、GaAs、Al、不純物を選び発光層やクラッド層のバンドギャップを調整した。このような、エピタキシャル半導体層の組成の調整により、発光層のバンドギャップを変化させることができた。この結果、発光波長および出力の調整をすることが可能となった。
- [0040] (実施例5)
- 本発明の実施例5ではELO層の上に、LPE法と異なるエピタキシャル成長方法、たとえばMOCVD法などを用いてpn接合(発光部)を形成する。この結果、結晶性を



最も向上させることができるエピタキシャル膜を得ることができた。この結果、発光効率をさらに向上させることが可能となった。

[0041] (実施例6)

本発明の実施例6では、実施例1においてGaAsバッファ層の成長を省略し、GaP基板上に直接SiO<sub>2</sub>膜を形成した。そのSiO<sub>2</sub>膜に窓部を形成してLPE法によりELO膜を成長させた。溶液S1のGa中へのGaP基板の基板温度が500℃以下であれば、GaPの溶解はほとんどなく、GaAsバッファ層を設けた場合と同様のELO層を得ることができた。GaAsバッファ層を省略できる理由は、500℃以下では、Gaへの溶解度は、GaAsに比べてGaPが格段に低いためである。本実施例により、GaAsバッファ層を形成する工程を省略することが可能であることを確認することができた。

[0042] (実施例7)

本発明の実施例7では、上記実施例6において、成長支持層のSiO<sub>2</sub>膜を形成することなく、GaP基板上にダイヤモンドペンを用いて、微小な傷(引き掻きトレンチ)を設け、その引き掻きトレンチを含む位置にGaAsの溶液S1を接触させてその引き掻きトレンチを成長開始位置としてELO層を形成した。溶液S1をGaP基板に接触させ、冷却速度をさらに0.05℃/分まで小さくしてELO層の成長を行なったところ。上記の引き掻きトレンチの部分からELO成長が生じ、他の引き掻きトレンチのない部分ではエピタキシャル成長が起らなかった。

[0043] これは、GaAsに対してGaPの格子定数差が約4%と大きいと、GaAsの過飽和度が低い場合、結晶成長は起きにくいと、引き掻き傷などの微小な凹凸部分では、そこを起点として結晶成長が他よりも起きやすくなるためである。

[0044] (実施例8)

本発明の実施例8では、GaP基板の主面を(111)B面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を特定の結晶方位にした点に特徴がある。引き掻きトレンチまたは窓部を3辺の方向がそれぞれ[10-1]、[1-10]および[0-11]と平行な正三角形およびその集合体とした(図14参照)。なお、図14では成長支持層2に形成された窓部2aが示されているが、引き掻きトレンチ11(図5参照)を用いる場合には成長支持層2を形成することなく、図14において窓部2aが形成された領域に引き掻きトレンチ11

を形成してもよい。このような引き掻きトレンチまたは窓部を用いることにより、三角形の引き掻きトレンチまたは窓部の内部およびその周辺のみを選択的なELO層を得ることができた。この方位は横方向成長が最も生じにくい方位なのでとくに成長の選択性が高い。

[0045] (実施例9)

本発明の実施例9では、GaP基板の主面を(111)B面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を実施例8と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向の3辺をそれぞれ $[-211]$ 、 $[11-2]$ および $[1-21]$ と、平行な正三角形およびその集合体とした(図15参照)。この上に上記実施例1および8と同様に溶液S1を接触させてELO層を成長させた。この結果、正三角形の引き掻きトレンチまたは窓部の内部およびその周辺のみを選択的にELO層を得ることができた。なお、図15では成長支持層2に形成された窓部2aが示されているが、引き掻きトレンチ11(図5参照)を用いる場合には成長支持層2を形成することなく、図15において窓部2aが形成された領域に引き掻きトレンチ11を形成してもよい。

[0046] (実施例10)

本発明の実施例10では、GaP基板の主面を(100)面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を上記実施例8および9と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。本実施例では、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向をそれぞれ $[001]$ 、 $[0-10]$ 、 $[00-1]$ および $[010]$ のように、平行な辺を持つ四角形およびその集合体とした(図16参照)。この上に溶液S1を接触させてELO層を形成した。その結果、四角形の引き掻きトレンチの内部およびその周辺のみを選択的なELO層を得ることができた。この方位は横方向成長が最も生じにくい方位なのでとくに成長の選択性が高い。なお、図16では成長支持層2に形成された窓部2aが示されているが、引き掻きトレンチ11(図5参照)を用いる場合には成長支持層2を形成することなく、図16において窓部2aが形成された領域に引き掻きトレンチ11を形成してもよい。

[0047] (実施例11)

本発明の実施例11では、GaP基板の主面を(100)面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を上記実施例8-10と異なる特定の結晶方位とした点に特徴があ

る。本実施例では、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を4辺の方向がそれぞれ[001]、[0-10]、[00-1]および[010]と22.5°をなす四角形およびその集合体とした(図17参照)。この上に溶液S1を接触させてELO層を形成した。その結果、四角形に配置した引き掻きトレンチまたは窓部の内部およびその周辺のみを選択的なELO層を得ることができた。なお、図17では成長支持層2に形成された窓部2aが示されているが、引き掻きトレンチ11(図5参照)を用いる場合には成長支持層2を形成することなく、図17において窓部2aが形成された領域に引き掻きトレンチ11を形成してもよい。

[0048] 図18および図19は、図6および図14～図17に示した引き掻きトレンチまたは窓部の配置を変形した例を示す図である。なお、図18および図19では成長支持層2に形成された窓部2aが示されているが、引き掻きトレンチ11(図5参照)を用いる場合には成長支持層2を形成することなく、図18および図19において窓部2aが形成された領域に引き掻きトレンチ11を形成してもよい。これらは、引き掻きトレンチまたは窓部が、それぞれ間隔の異なる直線または破線により構成されている。この直線または破線は、大きさの異なる閉領域をエピタキシャル横方向成長するよう周期的に形成される。このような引き掻きトレンチまたは窓部によっても、図6および図14～図17に示したものと同様の効果を得ることができる。

[0049] (実施例12)

本発明の実施例12では、GaP基板の主面を(111)B面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を上記実施例8～11と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。本実施例では、図20に示すように、GaP基板を[10-1]、[1-10]および[0-11]のいずれかに平行な2辺を持つ長方形とし、引き掻きトレンチまたは窓部を上記2辺に沿った端およびそれを繋ぐ1本の直線上に形成した。

[0050] GaP基板上にGaP基板の面積より大きな面積を持つ溶液S1の容器を移動させて、その状態でELO成長を行なった。このようなELO成長によれば、GaP基板全般にわたってELO層を容易に得ることができた。

[0051] (実施例13)

本発明の実施例13では、GaP基板の主面を(111)B面とし、引き掻きトレンチまた

は窓部の長手方向を上記実施例8-12と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。本実施例では、GaP基板を $[-211]$ 、 $[11-2]$ および $[1-21]$ のいずれかに平行な2辺を持つ長方形とし、引き掻きトレンチまたは窓部を上記2辺に沿った端およびそれを繋ぐ1本の直線上に形成した。

[0052] GaP基板上にGaP基板の面積より大きな面積を持つ溶液S1の容器を移動させて、その状態でELO成長を行なった。このようなELO成長によれば、GaP基板全般にわたってELO層を容易に得ることができた。

[0053] (実施例14)

本発明の実施例14では、GaP基板の主面を(100)面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を上記実施例8-13と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。本実施例では、GaP基板を $[021]$ 、 $[012]$ 、 $[0-21]$ および $[0-12]$ のいずれかに平行な2辺を持つ長方形とし、引き掻きトレンチまたは窓部を上記2辺に沿った端およびそれを繋ぐ1本の直線上に形成した。

[0054] GaP基板上にGaP基板の面積より大きな面積を持つ溶液S1の容器を移動させて、その状態でELO成長を行なった。このようなELO成長によれば、GaP基板全般にわたってELO層を容易に得ることができた。

[0055] (実施例15)

本発明の実施例15では、GaP基板の主面を(100)面とし、引き掻きトレンチまたは窓部の長手方向を上記実施例8-14と異なる特定の結晶方位とした点に特徴がある。本実施例では、GaP基板を $[001]$ 、 $[0-10]$ 、 $[00-1]$ および $[010]$ のいずれかに平行な2辺を持つ長方形とし、引き掻きトレンチまたは窓部を上記2辺に沿った端およびそれを繋ぐ1本の直線上に形成した。

[0056] GaP基板上にGaP基板の面積より大きな面積を持つ溶液S1の容器を移動させて、その状態でELO成長を行なった。このようなELO成長によれば、GaP基板全般にわたってELO層を容易に得ることができた。

[0057] 次に上記のように説明した本発明の実施の形態および実施例を含めて羅列的に本発明の変形例を説明する。

[0058] 上記ELO層の下に接して位置する成長支持層を備え、そのELO層は、成長支持

- 層に開けられた窓部を埋め込みその成長支持層の上に接して横方向に成長してもよい。
- [0059] このように成長支持層を設けることにより安定して結晶性の良好なエピタキシャル半導体膜(ELO膜)を形成することができる。
- [0060] また、上記GaP基板の上に化合物半導体のバッファ層を有し、成長支持層はそのバッファ層の上に接して位置し、ELO層はそのバッファ層に接するように窓部を埋め込み、成長支持層の上に接して成長してもよい。
- [0061] この構成により、LPE法により所定温度以上でELO層を形成しても基板の溶出などが生じることがない。
- [0062] 上記の成長支持層は、GaP基板に接して位置し、ELO層はそのGaP基板に接するように窓部を埋め込み、成長支持層の上に接して成長していてもよい。
- [0063] この構成によれば、バッファ層を省略し、所定温度以下の温度域でELO層を形成することができる。
- [0064] また、上記のGaP基板は引き掻きトレンチを設けられ、ELO層は、GaP基板に設けられた引き掻きトレンチを埋め込み、そのGaP基板の上に接して横方向に成長してもよい。
- [0065] この構成によれば、引き掻きトレンチが上記窓部と同様にLPE法における成長開始位置として機能するので、成長支持層の形成や窓部のパターニングの工程を省略してELO膜を形成することが可能になる。
- [0066] また、上記窓部または引き掻きトレンチは、所定の間隔を挟むようにその両側に直線状および／または破線状に配置され、そのパターンが平面的に見て周期的であるようにしてもよい。
- [0067] この構成により、発光素子チップが周期的な配列で形成され、半導体発光素子を能率よく大量に製造することができる。
- [0068] また、平面的に見て、ELO層は窓部に取り囲まれるように位置し、その窓部に取り囲まれたELO層を取り囲むように電極が配置されてもよい。
- [0069] この構成により発光素子の発光面を遮ることなく効率よく電極を配置することが可能となる。

- [0070] また、平面的に見て、ELO層は窓部に取り囲まれ、かつ成長支持層の部分領域を取り囲むように位置し、電極がそのELO層に取り囲まれた部分領域上に位置するよう  
にできる。
- [0071] この構成によっても発光面を遮断しないように電極を効率よく配置することができる  
。
- [0072] また、ELO層は、InGaAsP層、InGaAs層、GaAs層、AlGaAs層、AlInGaP層、InGaP層およびGaAsP層のいずれかから形成されていてもよい。
- [0073] 上記の構成により、用途、経済性、などに合致した組み合わせを選ぶことができる。
- [0074] また、上記のELO層を液相エピタキシャル成長法を用いて形成してもよい。これにより、結晶性に優れたELO層を能率よく形成することができる。
- [0075] また、上記の成長支持層が、絶縁体、導電体および誘電多層体のいずれかであってもよい。
- [0076] この構成により、ELO膜と基板との組み合わせに適合した成長支持層の材料を選択することが可能になる。
- [0077] 上記において、本発明の実施の形態について説明を行なったが、上記に開示された本発明の実施の形態はあくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むことを意図するものである。

#### 産業上の利用可能性

- [0078] 本発明の半導体発光素子は、活性層を含むエピタキシャル膜を格子定数の整合性が所定範囲を超える透明基板の上に、少ない処理工程で容易に形成することが可能である。このため携帯電話や各種の表示装置の光源として広範に用いられることが期待される。

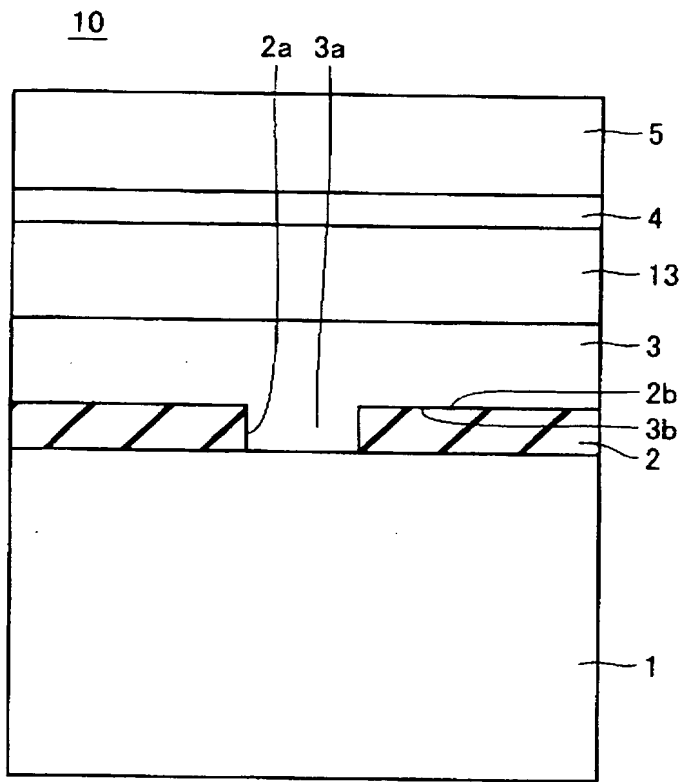
## 請求の範囲

- [1] GaP基板(1)と、  
前記GaP基板(1)の上方に位置し、化合物半導体のn型層とp型層とを含む活性層(4)と、  
前記GaP基板(1)と前記活性層(4)との間に位置し、エピタキシャル横方向成長(ELO:Epitaxial Lateral Overgrowth)により形成されたELO層(3)とを備える、半導体発光素子(10)。
- [2] 前記ELO層(3)の下に接して位置する成長支持層(2)を備え、前記ELO層(3)は、前記成長支持層(2)に開けられた窓部(2a)を埋め込みその成長支持層(2)の上に接して横方向に成長している、請求項1に記載の半導体発光素子(10)。
- [3] 前記GaP基板(1)の上に化合物半導体のバッファ層(12)を有し、前記成長支持層(2)はそのバッファ層(12)の上に接して位置し、前記ELO層(3)はそのバッファ層(12)に接するように前記窓部(2a)を埋め込み、前記成長支持層(2)の上に接して成長している、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。
- [4] 前記成長支持層(2)は、前記GaP基板(1)に接して位置し、前記ELO層(3)はその基板(1)に接するように前記窓部(2a)を埋め込み、前記成長支持層(2)の上に接して成長している、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。
- [5] 前記窓部(2a)は、所定の間隔を挟むようにその両側に直線状および／または破線状に配置され、そのパターンが平面的に見て周期的である、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。
- [6] 平面的に見て、前記ELO層(3)は前記窓部(2a)に取り囲まれるように位置し、その窓部(2a)に取り囲まれた前記ELO層(3)を取り囲むように電極(17)が配置されている、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。
- [7] 平面的に見て、前記ELO層(3)は前記窓部(2a)に取り囲まれ、かつ前記成長支持層(2)の部分領域を取り囲むように位置し、電極(17)がそのELO層(3)に取り囲まれた部分領域上に位置する、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。
- [8] 前記成長支持層(2)が、絶縁体、導電体および誘電多層体のいずれかである、請求項2に記載の半導体発光素子(10)。

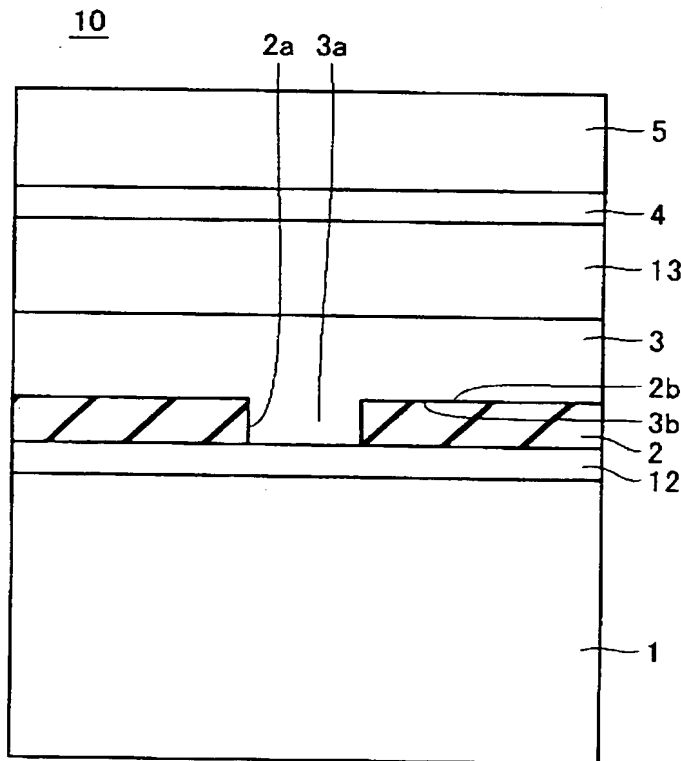
- [9] 前記GaP基板(1)は引き掻きトレンチ(11)を設けられ、前記ELO層(3)は、前記GaP基板(1)に設けられた引き掻きトレンチ(11)を埋め込み、そのGaP基板(1)の上に接して横方向に成長している、請求項1に記載の半導体発光素子(10)。
- [10] 前記引き掻きトレンチ(11)は、所定の間隔を挟むようにその両側に直線状および／または破線状に配置され、そのパターンが平面的に見て周期的である、請求項9に記載の半導体発光素子(10)。
- [11] 前記ELO層(3)は、InGaAsP層、InGaAs層、GaAs層、AlGaAs層、AlInGaP層、InGaP層およびGaAsP層のうちのいずれかである、請求項1に記載の半導体発光素子(10)。
- [12] 前記ELO層(3)が液相エピタキシャル成長法を用いて形成されている、請求項1に記載の半導体発光素子(10)。



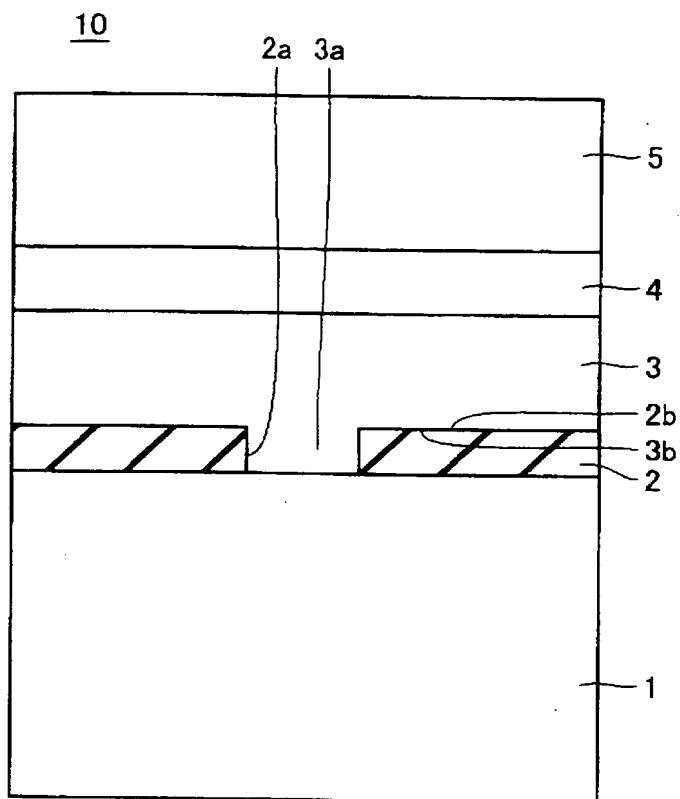
[図1]



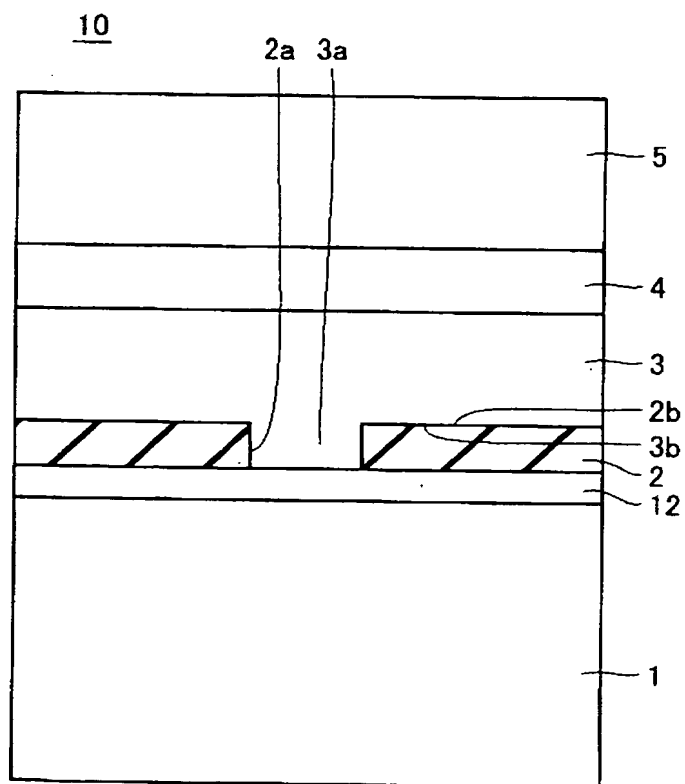
[図2]



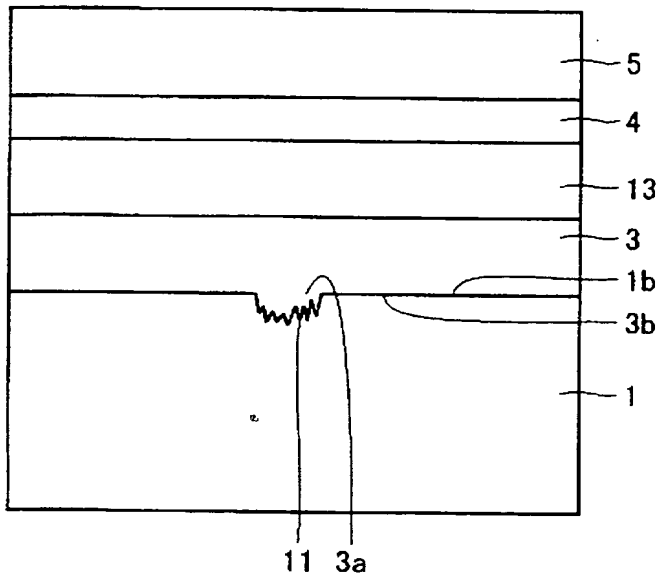
[図3]



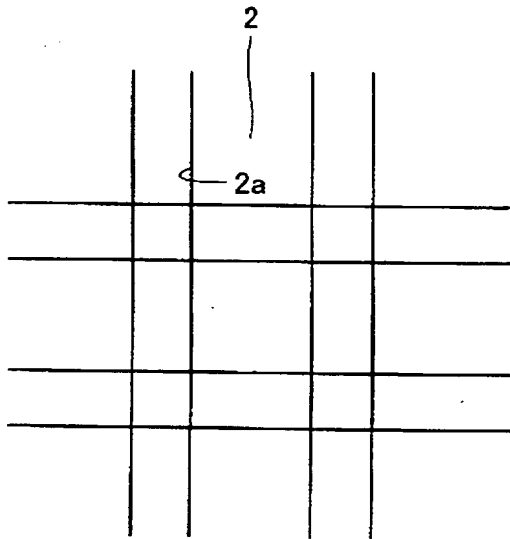
[図4]



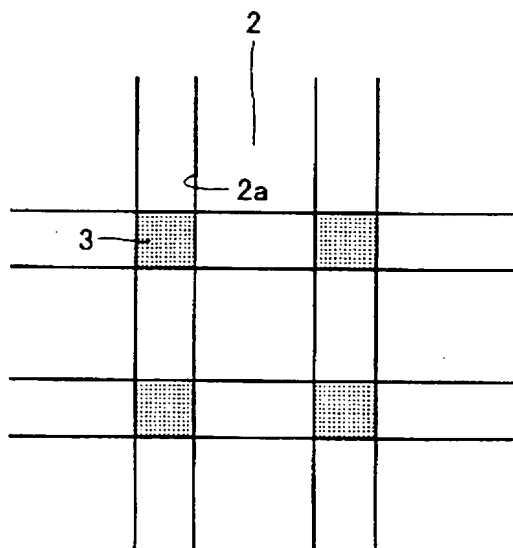
[図5]



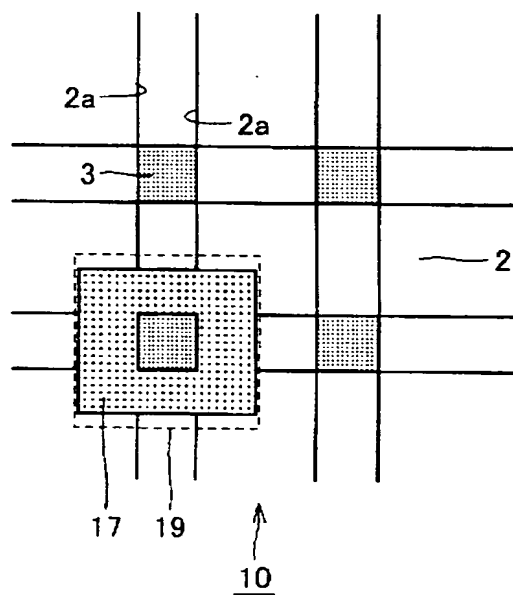
[図6]



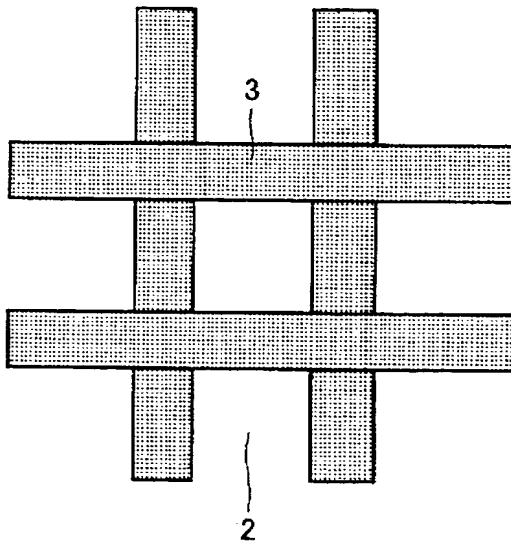
[図7]



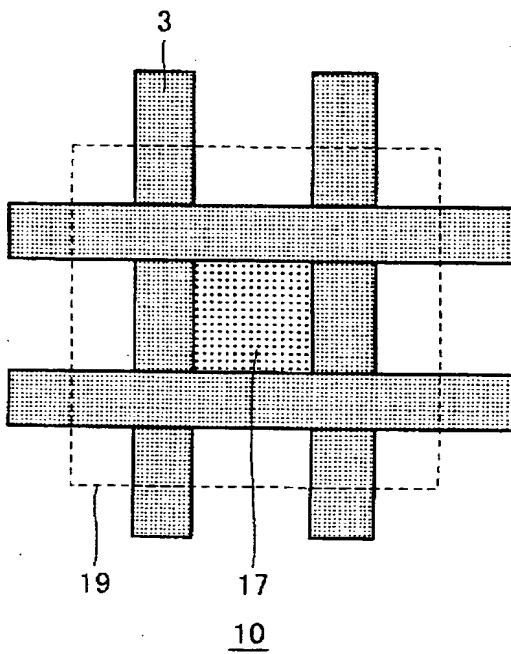
[図8]



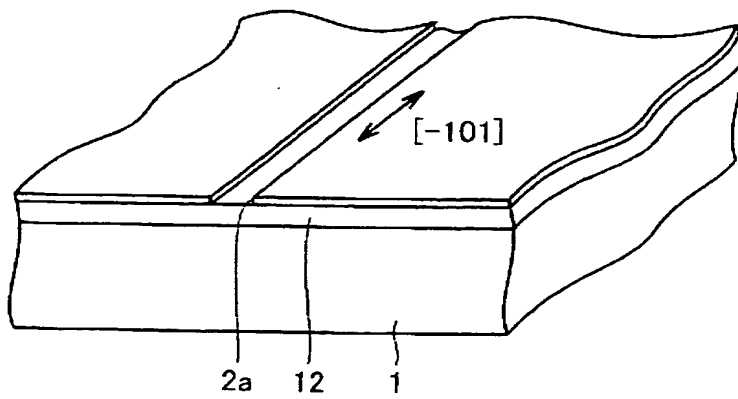
[図9]



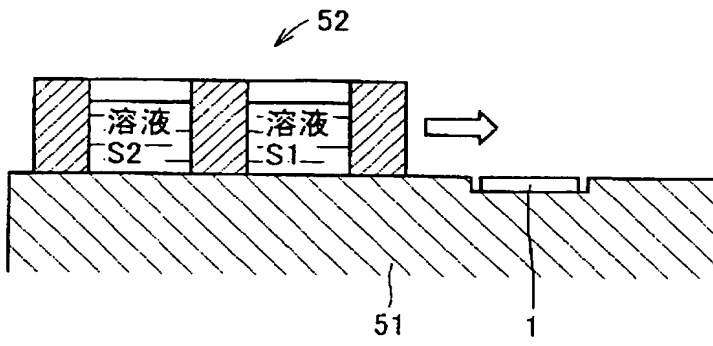
[図10]



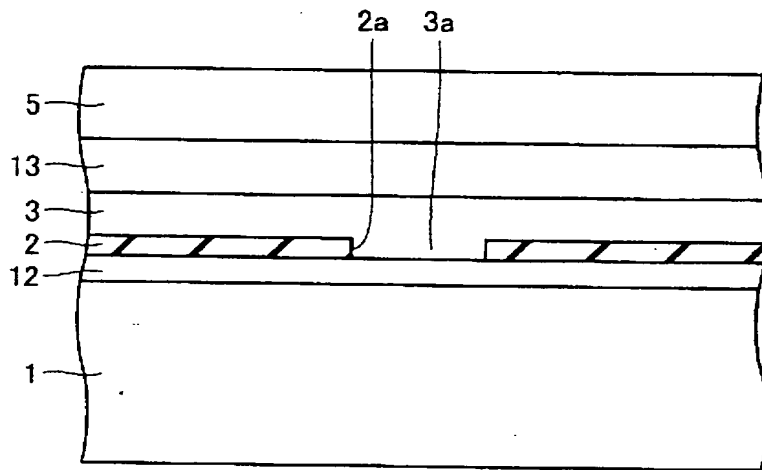
[図11]



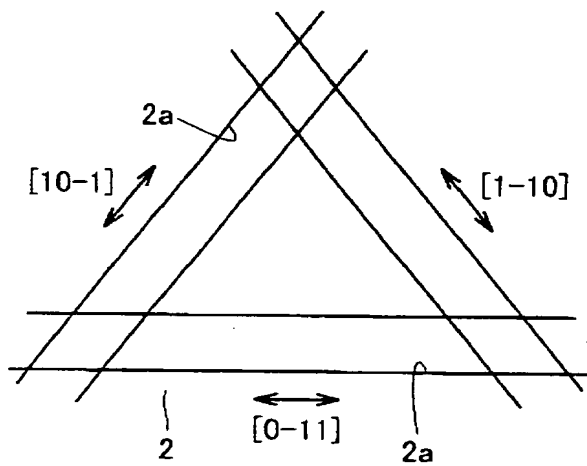
[图12]



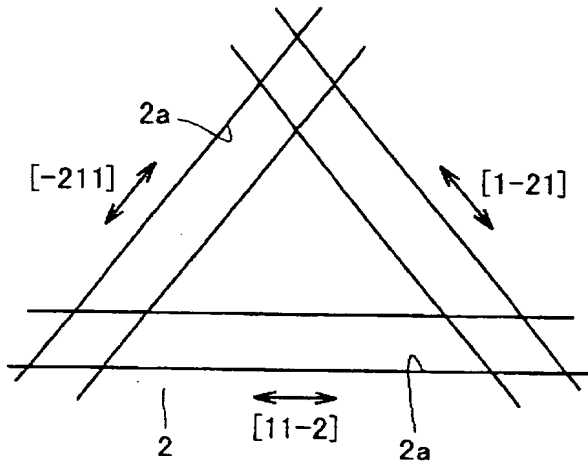
[图13]



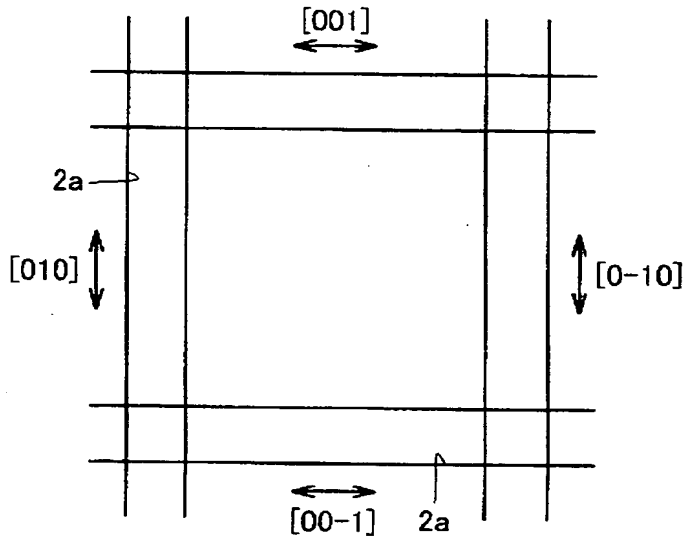
[图14]



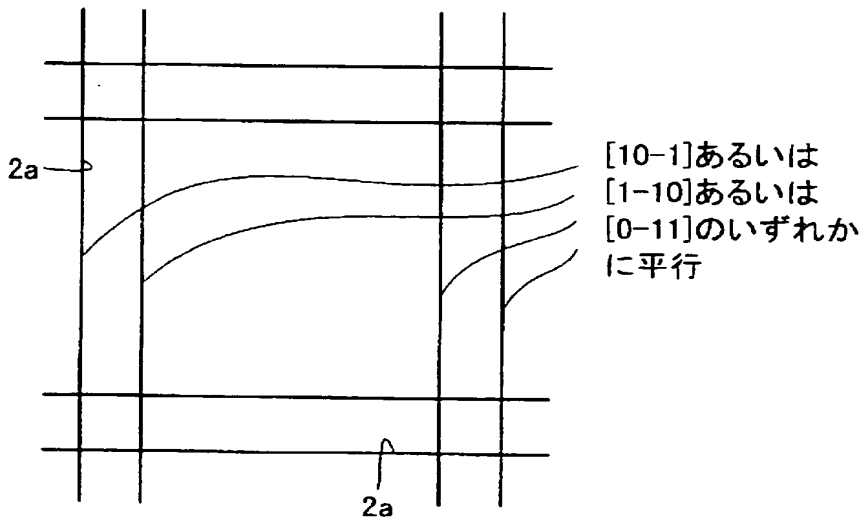
[図15]



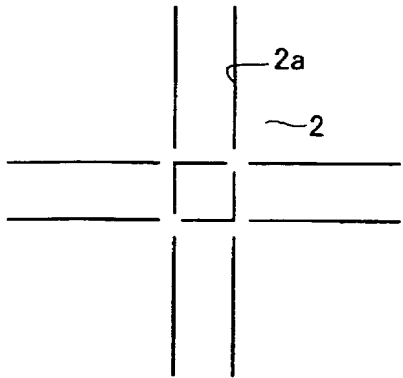
[図16]



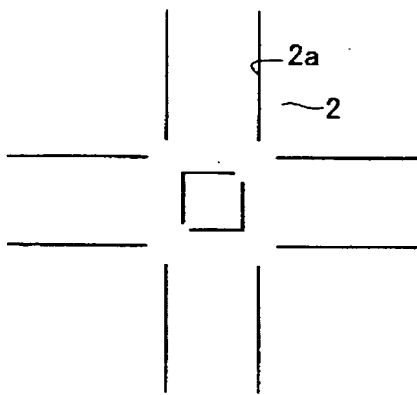
[図17]



[図18]



[図19]



[図20]

